

Construire des idéotypes de variétés de pommier pour des vergers agronomiquement performants et à faibles intrants

E. Costes¹, PE Lauri¹, F. Laurens², CE Durel², L. Parisi³

1- UMR DAP, Equipe Architecture et Fonctionnement des Espèces Fruitières, INRA Montpellier

2- UMR GenHort, INRA Angers-Nantes

3- UERI de Gotheron, INRA Avignon



Pourquoi construire des idéotypes variétaux en arboriculture fruitière ?



Des enjeux socio-économiques en évolution

➤ Maintenir la performance tout en réduisant les coûts environnementaux:

Réduire la fertilisation, les produits éclaircissants et phytosanitaires

Maintenir la valeur nutritionnelle des produits

➤ Faire face aux changements climatiques:

Modification des risques parasitaires

Modification de la phénologie des ravageurs et du végétal

Risque de stress hydrique et thermique pendant la saison de végétation (perte de production, induction d'alternance)

Construire des idéotypes chez une espèce pérenne

➤ Des contraintes nombreuses:

Cycle de reproduction long → amélioration lente

Effets d'un stress (ravageur, environnement) se répercutent sur les cycles suivants

Nombreux effets non génétiques (climat, conduite)

➤ Des caractères cibles très divers :

Qualité des produits,

Capacité de stockage post-récolte,

Résistance aux bioagresseurs,

Adaptation à des conditions environnementales non optimales,

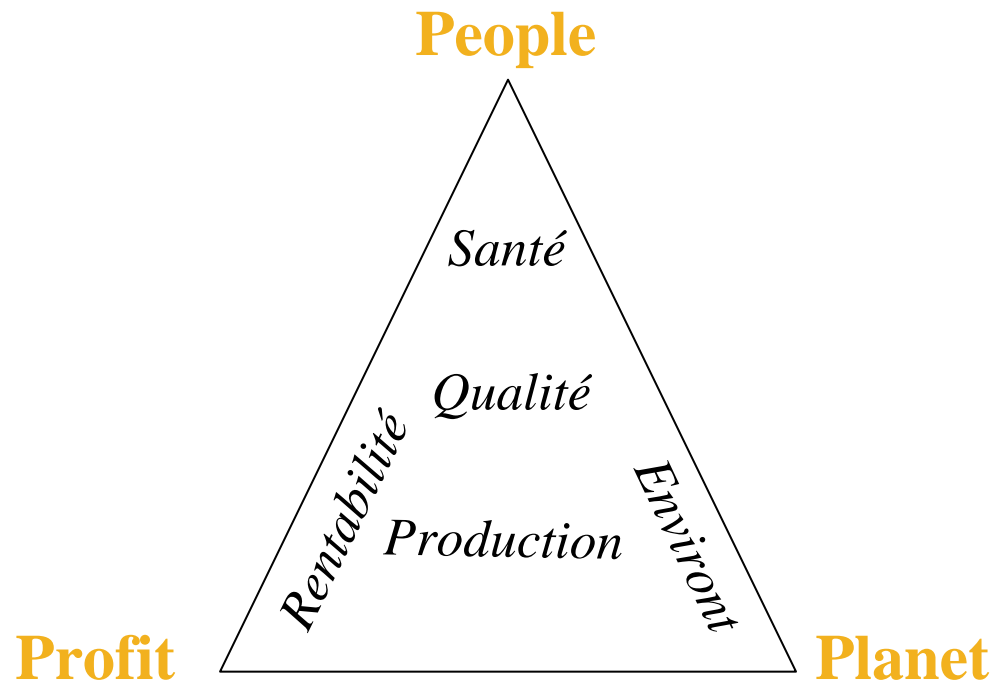
Facilité de conduite de l'arbre et régularité de production

Intérêt et complexité des idéotypes:

- (i) Combiner des allèles favorables de plusieurs gènes pour chaque caractère
- (ii) Combiner plusieurs caractères dont le déterminisme génétique ou la physiologie peuvent s'avérer antagonistes
- (iii) Rechercher les synergies favorables entre potentialités génétiques, effets environnementaux et pratiques culturales, ou encore entre variétés pour aller vers des mélanges variétaux et une gestion agro-écologique des vergers

Intérêt et complexité des idéotypes:

(iv) Trouver des convergences entre 3 pôles d'intérêt potentiellement contradictoires



D'après De Buck et Buurma (2004)

Un pré-requis: Connaître la variabilité de l'espèce et ses bases génétiques



La qualité du fruit

- Une grande variabilité
- De nombreux caractères
Visuels : Couleur, Calibre,
Gustatifs: Texture, fermeté, sucres,
acides, arômes



- Des déterminismes génétiques explorés ou en cours d'exploration pour les plus complexes (arômes)



Photos F. Laurens

- Large diversité acceptée, voire souhaitée pour la création de variétés à vocation mondiale *versus* locale

Résistances aux bio-agresseurs

- Une variabilité dépendant du bio-agresseur :
 - Tavelure et oïdium : gènes majeurs de résistance principalement issus des espèces sauvages de *Malus* et sources de résistances partielles
 - Feu bactérien: idem, mais efforts principalement sur la résistance partielle
 - Large variabilité de la résistance au puceron cendré et à galles rouges
 - Mais faible variabilité pour la résistance au carpocapse

Photos C.E. Durel



Mais aussi une variabilité dépendant de l'organe (feuille/fruit), du stade physiologique de l'arbre, du niveau de pression parasitaire, et des conditions environnementales

Architecture de l'arbre et adaptation à un environnement contraignant

➤ Architecture de l'arbre



D'après Segura et al. (2008; 2009)

- Hypothèse d'un déterminisme génétique de la régularité
- Association avec la densité de ramification
- Exploration de descendance en ségrégation pour le port, la croissance et la ramification
- la régularité de floraison

➔ Nombreuses recombinaisons de caractères et QTL détectés

- Analyse des réponses à la sécheresse de l'air et du sol :
Fortement héritables, premiers QTL détectés
Exploration de l'efficacité d'utilisation de l'eau en cours

Construire des idéotypes: Exemple des relations arbre-bio- agresseurs



Objectif: des résistances durables pour des complexes de bio-agresseurs

- Remise en question des stratégies basées sur les résistances majeures et mono-géniques
 - Première étape → Ariane
 - Mais ... risque de contournement
- Construction de résistances polygéniques et de multi-résistances:
 - Adaptation aux complexes de bio-agresseurs les plus importants d'un bassin de production
 - Processus long et complexe (gènes à effets faibles, effets pouvant varier selon les années)

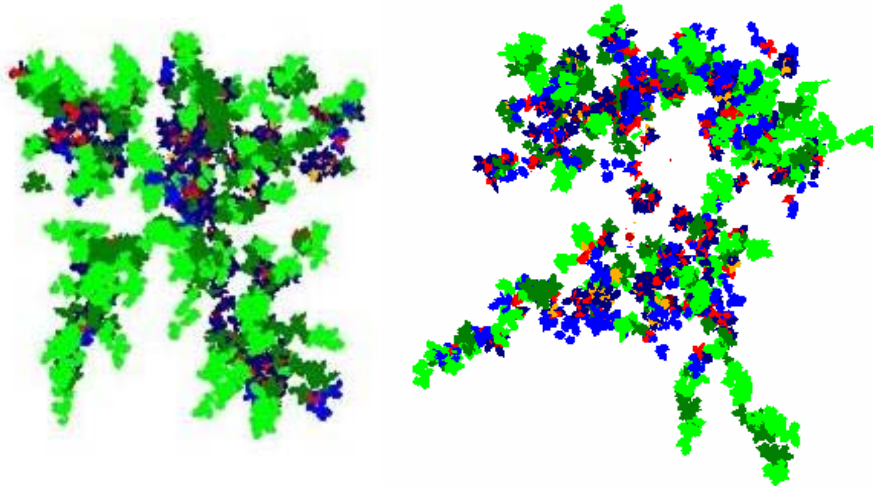
Construire des idéotypes

- Adaptation à des systèmes de production et de commercialisation variés :
 - en AB résistance aux bio-agresseurs pour lesquels peu de moyens de lutte;
 - distribution à courte ou longue distance
- Capable de produire régulièrement en conditions difficiles (attaque parasites, mais aussi fertilisation ou climat) : rusticité, résilience
- Associés à des systèmes de culture réduisant les risques parasites

Identifier les méthodes culturales adaptées

pour utiliser au mieux les potentialités des génotypes dans un contexte pédo-climatique et un système de culture donné

– Ex de la conduite centrifuge:



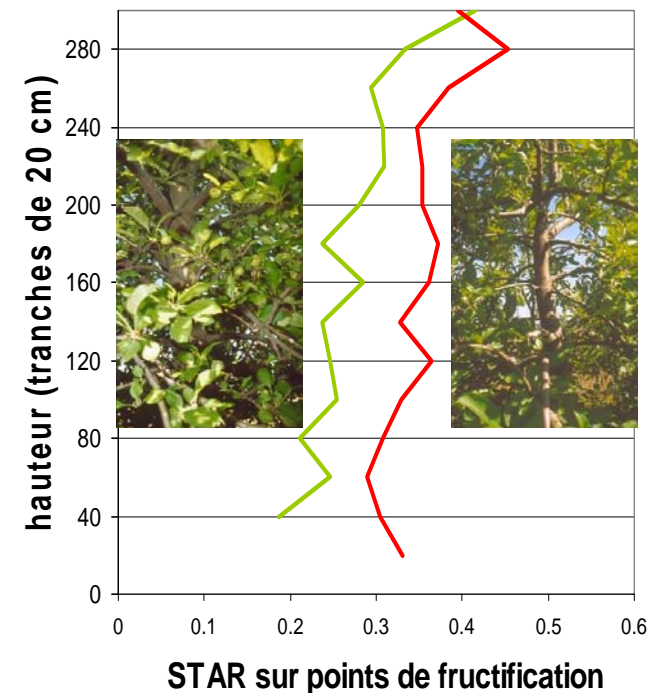
→ Amélioration de la pénétration de la lumière

Réduction des épidémies de tavelure

Diminution des durées d'humectation des feuilles ?

Mais risque d'augmentation du carpocapse

Profil vertical des STAR sur points de fructification



(D'après Willaume et al., 2004)

Quelle stratégie pour l'amélioration ?



Sélectionner du matériel innovant

- Introduire de nouveaux géniteurs autres que les variétés « élites » utilisées jusqu'à présent

- Rationaliser, généraliser la combinaison de caractères majeurs (qualité, résistances) et plus secondaires (régularité de production, auto-éclaircissant, adaptation à des environnements non optimaux)

- Diffuser le matériel au travers de
 - partenariats: ex INRA-Novadi
 - réseaux participatifs, décentralisés correspondant à d'autres systèmes de culture (AB)

Les apports de la modélisation: Une question d'échelle



Modèles existant à différentes échelles

- (i) Echelle individu prenant en compte les interactions entre développement de l'arbre et cycle biologique d'un pathogène sur une année de croissance
 - ARC INRIA-INRA en cours sur pommier-tavelure
- (ii) Echelle parcellaire prenant en compte l'espacement des arbres sur le rang et des rangs entre eux, mais aussi la composition variétale;
 - Modèle de propagation des bio-agresseurs (ARC INRIA-INRA)
 - Modèle de génétique des pop. prenant en compte le pyramidage versus la séparation des gènes de résistances
- (iii) Echelle du territoire où plusieurs parcelles sont représentées, avec des variétés et des conduites différentes
 - À développer sur espèces fruitières



Photo V. Segura



Photo L. Parisi



Photo issue du site mainsenfete.online.fr



Photo PE Lauri

Modèles de développement d'arbres

Modèles climatiques
→ Scénarios climatiques

Conditions environnementales

Bassin de production
Type de sol
T° moy et extrêmes,
Pluviométrie

Potentiel Génétique:
Qualité du fruit
Résistance aux bioagresseurs
Architecture de l'arbre
Capacité d'adaptation à des contraintes environnementales

Climatologues

Pathologistes et entomologistes

Producteurs

Caractérisation des populations de bio-agresseurs

Modes de reproduction
Propagation
Virulence, Agressivité

Modèles de propagation (courte et longue distance)

Conduite en verger:
Choix du porte-greffe
Distances de plantation
Interventions de taille/arcure
Gestion des ravageurs
Gestion de la charge en fruit

Agronomes

Metteurs en marché

Conditions de mise en marché

Coûts de production
Qualité des produits
Modes de collecte et de distribution
Prix d'achat et de vente

Consommateurs

Socio-Economistes

Modèles socio-économiques

Généticiens

En conclusion: un processus dynamique

- Sur la base du groupe de réflexion Ecophyto (INRA, DS Econat)

Impulser des projets pluridisciplinaires

Associer des partenaires de la profession

- ➔ Construire une approche multi-critères basée sur des modèles, fournissant des bilans sur la performance, les risques ou la durabilité des systèmes cultureux
- ➔ Confronter les idéotypes à la variabilité génétique et aux processus d'innovation et de sélection
- ➔ Mettre en place des AR entre expérimentation-modélisation-prédiction-innovation, impliquant un grand nombre d'acteurs et de compétences

Mais ... élaborer un idéotype de pommier aujourd'hui n'amènera à une création variétale que dans 15-20 ans au mieux : premières cibles définies en fonction du contexte actuel, puis progressivement validées et élargies

Merci de votre attention



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

INRA